

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift

⑩ DE 198 34 725 A 1

⑯ Int. Cl.⁷:
B 41 F 33/14
B 65 H 23/192

DE 198 34 725 A 1

⑯ Aktenzeichen: 198 34 725.1
⑯ Anmeldetag: 31. 7. 1998
⑯ Offenlegungstag: 3. 2. 2000

⑯ Anmelder:
Maschinenfabrik Wifag, Bern, CH
⑯ Vertreter:
Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

⑯ Erfinder:
Siegl, Walter, Dr., Bern, CH; Stehlin, Olivier,
Zollikofen, CH
⑯ Entgegenhaltungen:
DE 43 02 189 A1
DE 39 19 291 A1
DE 36 02 745 A1
DE-Z.: Papier + Kunststoff-Verarbeiter, Extraaus-
gabe, 1990, S. 12 ff;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Bahnspannungsregleinrichtung

⑯ Die Erfindung bezieht sich auf eine Regleinrichtung für die Spannung einer Papierbahn einer Druckmaschine mit einer Einstellvorrichtung für einen Drehzahlleitsollwert, einem Drehzahlregler für einen Antriebsmotor, der mit der Einstellvorrichtung gekoppelt ist, einer Einstellvorrichtung für einen Bahnspannungs-Sollwert, einem Sensor zum Messen der Bahnspannung, einem Bahnspannungsregler, welcher mit dem Sensor zum Messen der Bahnspannung und der Einstellvorrichtung für den Bahnspannungs-Sollwert gekoppelt ist, wobei der Drehzahlregler mit einem Ausgang des Bahnspannungsreglers gekoppelt ist.

Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Regeln der Spannung einer Papierbahn einer Druckmaschine, wobei ein Drehzahlleitsollwert vorgegeben wird, ein Bahnspannungs-Sollwert vorgegeben wird, ein erster Bahnspannungs-Istwert gemessen wird, die Differenz aus dem Bahnspannungs-Sollwert und dem gemessenen Bahnspannungs-Istwert gebildet wird; die gebildete Differenz in einen Nacheilungs-Sollwert umgerechnet wird; und aus dem vorgegebenen Drehzahlleitsollwert und dem Nacheilungs-Sollwert eine Größe gebildet wird, welche zur Drehzahlregelung des Antriebsmotors dient.

DE 198 34 725 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Bahnspannungsregeleinrichtung und eignet sich insbesondere für wellenlos angetriebene Rollenoffsetdruckmaschinen in Turmbauweise, vorzugsweise für den Zeitungsoffset.

Die genaue Einstellung und Regelung der Papierbahns5spannung bei Rollenoffsetdruckmaschinen während des Druckprozesses ist von großer Bedeutung. Die richtig eingestellte Bahnspannung ist nicht nur für die Erzielung einer guten Druckqualität erforderlich, da z. B. nicht nur Farb- und Schnittregister besser eingehalten werden, sondern führt auch zu einer Erhöhung der Druckproduktivität, da auch weniger bzw. keine Papierrisse verursacht werden. Es ist deshalb üblich für die Bahnspannung bestimmte Bahnspannungsprofile entlang der einzelnen Papierwege vorzugeben, d. h. daß vorgegebene Ober- bzw. Untergrenzwerte der Bahnspannung nicht über- bzw. unterschritten werden sollen.

Jedoch kann sich das Papierelastizitätsmodul von Papierrolle zu Papierrolle stark verändern, was zu einer sprungartigen Änderung der Bahnspannung führen kann. Dies tritt z. B. bei einem Wechsel der Rollen auf und wirkt sich sehr negativ auf die Qualität des Druckerzeugnisses aus. Weiterhin kann sich das Elastizitätsmodul des Papiers auch innerhalb der gleichen Papierrolle ändern, da z. B., bedingt durch die Lagerung, die äußeren und inneren Schichten der Papierrolle unterschiedlich feucht sind. Diese Änderungen des Elastizitätsmoduls des Papiers führen aufgrund der daraus resultierenden Bahnspannungsänderungen und der Papierdrehnung zu Änderungen des Farb- und Schnittregisters während der Rollenabwicklung und somit zu einer Qualitätsverschlechterung. Auch variierende Farb- und Feuchtebelegungen ändern das E-Modul.

Eine weitere Einflußgröße für die Papierbahns5pannung sind Transientvorgänge, wie z. B. rampenförmige Geschwindigkeitsänderungen der Papierbahn, oder auch das Bewegen eines Gummizylinders zwischen einer Druck-An- und einer Druck-Ab-Stellung. Diese Transientvorgänge treten z. B. bei wellenlosen Rollenoffsetdruckmaschinen mit einer sogenannten "fliegenden" Plattenwechselsfunktionalität häufig auf, wobei ohne ein Anhalten der Druckmaschinen aufeinanderfolgend unterschiedliche Produktionsdurchläufe erfolgen. Dabei wird jedes Mal die Bahnspannung stark beeinflußt und verändert.

Da diese Änderungen der Bahnspannung zu einer Verschlechterung der Druckqualität führen, wurden immer bessere Regelungen zur Einhaltung eines vorgegebenen Bahnspannungsprofils entwickelt, welche nachfolgend beschrieben werden.

1. Einfache Bahnspannungsregelung

Fig. 4a zeigt eine bekannte Bahnspannungsregeleinrichtung. Dabei wird ein Bahnspannungs-Soll-Wert F_{SOLL} von einer Maschinensteuerung vorgegeben und ein Bahnspannungsregler ermittelt aus einer Differenz zwischen dem Bahnspannungs-Soll-Wert F_{SOLL} und einem durch einen Bahnspannungsmeßsensor gemessenen Bahnspannungs-Ist-Wert F_{IST} einen Nacheilungssollwert ΔN_{SOLL} .

Von einem am Ende des Druckprozesses angeordneten Falzapparat wird ein Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} abgegriffen. Da der Falzapparat aber funktionsbedingt bereits eine nicht stetige Betriebsart aufweist; kann der daraus ermittelte Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} nicht unmittelbar für die Bahnspannungsregelung verwendet werden, sondern muß erst tiefpaßgefiltert werden, um höherfrequente Störanteile des Drehzahlleitsollwert-Signals N_{SOLL} zu unterdrücken. Der

tiefpaßgefilterte Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} wird mit dem Nacheilungswert ΔN_{SOLL} aus dem Bahnspannungsregler und dem Drehzahl-Ist-Wert N_{IST} der durch den Antriebsmotor angetriebenen Walze beaufschlagt, und das erhaltene Signal wird dem Drehzahlregler zugeführt, welcher den Antriebsmotor ansteuert.

Jedoch ist die zwingend erforderliche Tiefpaßfilterung des Drehzahlleitsollwerts N_{SOLL} aus dem Falzapparat nachteilig, weil diese Tiefpaßfilterung zu einer Trägheit der gesamten Regelung führt, und der durch die Tiefpaßfilterung stark gedämpfte Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} beeinflußt die gesamte Regeldynamik der Bahnspannungsregelung, da die Regelparameter des Bahnspannungsreglers mit den Regelparametern des nachgeschalteten Drehzahlreglers abgestimmt werden müssen.

2. Nacheilungsregelung

Die Nacheilungsregelung ist eine einfache und schnelle Drehzahlregelung.

Wie in Fig. 4b gezeigt, wird dem Drehzahlregler ein Wert ΔN zugeführt, welcher aus einer Differenz eines Drehzahlleitsollwerts N_{SOLL} aus z. B. einem Bus-System und einem gemessenen Ist-Wert N_{IST} der Drehzahl, sowie einem Nacheilungssollwert ΔN_{SOLL} ermittelt wird. Dieser Drehzahlregler steuert auf bekannte Art den Antriebsmotor an.

Dabei ist es jedoch erforderlich, vor Inbetriebnahme die Nacheilungssollwerte ΔN_{SOLL} so einzustellen, daß eine gewünschte Bahnspannung erreicht wird, wobei gilt: $\Delta N_{SOLL} = n \cdot N_{SOLL}$. Hierbei stellt n die Nacheilung dar.

Obwohl die Nacheilungsregelung konstruktiv sehr einfach zu realisieren ist, und die Nachteile der Bahnspannungsregelung, bedingt durch die Tiefpaßfilterung, vermeidet, weist die Nacheilungsregelung jedoch auch Nachteile auf. So ist z.B. die resultierende Bahnspannung abhängig von der Geschwindigkeit der Papierbahn. Dies bedeutet, daß ohne Nachkorrekturen der Drehzahlleitsollwerte N_{SOLL} die Bahnspannung z. B. während einer Geschwindigkeitsrampe nicht konstant gehalten werden kann. Dies führt, wie oben erwähnt, zu einer Verschlechterung der Qualität der Druckzeugnisse. Weiterhin wirkt sich eine starke Schwankung der Papierbahns35pannung z. B. bei einem Normalhalt oder einem Nothalt der Druckmaschine äußerst negativ aus, da bei der reinen Drehzahlregelung die Bahnspannung extrem stark anwachsen kann, was leicht zu einem Abriß der Papierbahn führen kann. Weiterhin schwankt die Bahnspannung auch stark bei einem Druck-An- oder einem Druck-Ab-Vorgang aller Druckstellen z. B. eines Achterturmes, was ebenfalls nicht gewünscht ist.

3. Nacheilungsregelung mit Droop-Funktionalität

Um die Nachteile der beiden oben genannten Regelungseinrichtungen zu überwinden, wurde eine Nacheilungsregelung mit einer sogenannten Droop-Funktionalität vorgeschlagen. Dabei wird der Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} für den Drehzahlregler des Einzugwerkantriebs als Funktion von dessen Lastmoment korrigiert, wobei das Lastmoment im Beharrungszustand proportional zur Bahnspannung ist.

Fig. 4c zeigt eine solche Nacheilungsregelung mit Droop-Funktionalität. Einem Drehzahlregler wird wiederum eine Differenz ΔN zugeführt, welche aus einem Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} , einem Drehzahl-Ist-Wert N_{IST} und einer weiteren Korrekturgröße N_M , welche aus einem gemessenen Motorlastmoment ermittelt wird, sowie einem Nacheilungssollwert ΔN_{SOLL} gebildet wird.

Im Gegensatz zur reinen Drehzahlregelung hat die Regelung mit Droop-Funktionalität den Vorteil, daß Störungen

durch Änderungen des Papierelastizitätsmoduls bzw. durch Druck-An- oder Druck-Ab-Vorgänge nur kleinere Abweichungen der Bahnspannung verursachen. Jedoch verursachen Störungen durch eine Änderung des Papierelastizitätsmoduls eine bleibende Abweichung der Bahnspannung, wenn der Wert ΔN_{SOLL} nicht nachkorrigiert wird. Dies führt dazu, daß ohne eine entsprechende Anpassung des Wertes ΔN_{SOLL} ein gewünschter Bahnspannungswert nach einer Störung nicht beibehalten werden kann, da das momentane Elastizitätsmodul der Papierbahn in der Regel unbekannt ist.

Fig. 5 zeigt ein linearisiertes Diagramm, bei dem über die Abszisse die Drehzahl N des Einzugswerks bei einer bestimmten Maschinendrehzahl aufgetragen ist, wobei auf der Ordinate die Papierbahnspannung F aufgetragen ist. Für zwei unterschiedliche Elastizitätsmodule einer Papierbahn sind die Geraden E_1 und E_2 dargestellt, wobei das Elastizitätsmodul einer Papierbahn zwischen diesen zwei beispielhaft dargestellten Geraden schwanken kann. Die qualitative Kennlinie der einfachen Bahnspannungsregeleinrichtung ist mit 1 gekennzeichnet, die Kennlinie der Nacheilungsregelung mit 2 und die Kennlinie der Nacheilungsregelung mit Droop-Funktionalität ist mit 3 gekennzeichnet.

Verändert sich z. B. das Elastizitätsmodul der Papierbahn von E_1 zu E_2 , so wird bei einer Nacheilungsregelung (Kennlinie 2) eine Differenz ΔF_2 der Bahnspannung erhalten, welche erheblich größer ist als die Bahnspannungsdifferenz, welche bei einer Nacheilungsregelung mit Droop-Funktionalität auftritt, wie in Fig. 5 durch ΔF_3 dargestellt. Dies verdeutlicht den Vorteil dieser Regelung.

Jedoch ist auch eine solche kleinere Schwankung der Bahnspannung immer noch nachteilig, z. B. hinsichtlich der Qualität der erhaltenen Druckerzeugnisse bedingt durch die Abweichung der Farb- und Schnittregister.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Regeleinrichtung für die Spannung einer Papierbahn einer Druckmaschine vorzuschlagen, welche die Nachteile der bekannten Regelungen vermeidet. Insbesondere sollen eine Regeleinrichtung und ein Regelverfahren vorgeschlagen werden, mit welchen die Bahnspannung schnell und genau geregelt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch eine Regeleinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Regelverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.

Die mit der Erfindung verbundenen Vorteile werden dadurch erzielt, daß sowohl der Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} als auch der Bahnspannungs-Sollwert F_{SOLL} durch z. B. eine Maschinensteuerung frei wählbar vorgegeben werden können. Dadurch kann in Echtzeit ein Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} vorgegeben werden, welcher nicht gefiltert werden muß und unverfälscht als Regelungsgröße zur Verfügung steht. Die Regeleinrichtung kann somit unmittelbar und ohne Trägheit die Papierbahnspannung nach Auftreten einer Störgröße wieder einregeln. Ebenso kann der Bahnspannungs-Sollwert F_{SOLL} frei wählbar und damit im Sinne einer Optimierung der Druckqualität vorgegeben werden, so daß die beiden für die Regelung wichtigen Sollwert-Größen F_{SOLL} und N_{SOLL} , der Steuerung frei vorgegeben werden können. Ein Regelkreis für die Bahnspannung ermöglicht es, daß Änderungen bei den Druckbedingungen, bedingt durch z. B. eine Änderung des Papierelastizitätsmoduls oder einen Druck-An- bzw. Druck-Ab-Vorgang von Gummizylindern auf der Papierbahn bei der Regelung schnell berücksichtigt werden können, um eine konstante Papierbahnspannung während des Betriebs zu gewährleisten, wobei gleichzeitig die Drehzahl schnell eingeregelt werden kann.

Das gleichzeitige Vorgeben des generierten Bahnspannungs-Sollwertes F_{SOLL} und des generierten Drehzahlleitsollwertes N_{SOLL} ermöglicht auch eine bessere Ansteuerung

der Regeleinrichtung, da Sollwerte für die Regelung frei wählbar vorgegeben werden können und z. B. von der Maschinensteuerung auch schnell geändert werden können, ohne daß dabei Vorgänge des normalen Druckablaufs berücksichtigt werden müssen, was bedingt durch Laufzeiten immer zu einer Trägheit der ganzen Regelung führt.

Dem Drehzahlregler der erfindungsgemäßen Regeleinrichtung wird die Differenz zwischen dem Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} und dem Nacheilungs-Sollwert ΔN_{SOLL} zugeführt, welcher durch den Bahnspannungsregler aus dem Bahnspannungs-Sollwert F_{SOLL} und dem Bahnspannungs-Istwert F_{IST} ermittelt wurde, um den Motor so anzusteuern, daß eine gewünschte, vorzugsweise konstante, Bahnspannung bei vorgegebener Drehzahl erhalten werden kann.

Die erfindungsgemäße Bahnspannungsregeleinrichtung ermöglicht somit durch Verwendung eines ungestörten Drehzahlleitsollwert-Signals für den unterlagerten Drehzahlregelkreis eine bessere Abstimmung zwischen Bahnspannungsregelkreis und Drehzahlregelkreis. Hierdurch können Störungen der Bahnspannung z. B. vor dem Einzugswerk zeitoptimal geregelt werden. Dies führt zu sehr guten dynamischen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Regelung, welche bei den oben erwähnten Änderungen der Betriebszustände zur Aufrechterhaltung einer konstanten Bahnspannung erforderlich sind. Ebenso können mit der erfindungsgemäßen Regelung Bahnspannungsänderungen im Druckturm selbst begrenzt werden. Die Größenordnungen dieser Änderungen können nämlich abgeschätzt werden, wobei diese unabhängig von der Papiersorte, Feuchtigkeit und anderen Störgrößen etwa gleich bleiben. Damit können mit der erfindungsgemäßen Regelung die Farbregister und Schnittregister besser gehalten werden, da die Bahndehnungen auf einen bestimmten kleinen Bereich beschränkt werden können. Die erfindungsgemäße Bahnspannungsregelung weist weiterhin den Vorteil auf, daß die Bahnspannung immer in einem für das verwendete Papier geeigneten Bereich gehalten werden kann, so daß Papierrisse vermieden werden können.

Es ist möglich, die erfindungsgemäße Regeleinrichtung entweder einzeln z. B. am Einzugswerk oder am Auszugswerk vorzuschalten. Weiterhin ist es auch möglich, daß die erfindungsgemäße Regelung sowohl zur Regelung der Bahnspannung am Einzugswerk als auch zur Regelung am Auszugswerk verwendet wird. Eine solche Regelung des Ein- und Auszugswerkes des Druckturms hat den Vorteil, daß die Bahnspannung über die gesamte Bahnlänge durch den Druckturm hindurch geregelt werden kann, so daß sich ein besonders günstiger Bahnspannungsverlauf, vorzugsweise eine konstante Bahnspannung, vom Einzugswerk über den Druckturm zum Auszugswerk ergibt. Bei einer solchen Ausführungsform der Erfindung sind die Bahnspannungsregler jeweils bei dem Einzugswerk oder dem Auszugswerk oder bei beiden, welche geregelt werden sollen, angeordnet. Die erfindungsgemäße Regelung kann auch einzeln oder zusammen mit anderen Regeleinrichtungen an anderen Stellen der Papierbahn angeordnet sein, wie z. B. im Druckturm selbst oder der Trichtereinlaufwalze.

Es ist vorteilhaft den Bahnspannungs-Sollwert F_{SOLL} der Regelungseinrichtung über ein Bus-System zuzuführen. Besonders bevorzugt wird der Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} über einen schnellen Bus übertragen. Insbesondere eignet sich hierfür ein Echtzeit-Bus-System, wie z. B. ein SERCOS-BUS. Diese Ansteuerung der Regelungseinrichtung bzw. Regelungseinrichtungen durch ein solches Bus-System vereinfacht die Ansteuerung der Regelung an einem Druckturm erheblich, da so von einer entfernt liegenden Maschinensteuerung der Regelung alle Sollwerte vorgegeben werden können. Somit kann auf die lokale Eingabe von Sollwerten

verzichtet werden. Weiterhin ist es durch ein solches Bus-System möglich, daß unterschiedliche Drucktürme über einen einzigen Bus angesteuert werden, welcher wiederum unterschiedliche, jedoch abgestimmte Sollwerte für die jeweiligen Drucktürme vorgeben kann. Die einzelnen Drucktürme können so individuell mit unterschiedlichen Bahnspannungen oder bei andersartigen Bahnwegen betrieben werden.

Um eine gewünschte, vorzugsweise konstante, Bahnspannung über den gesamten Verlauf der Papierbahn zu erhalten, ist es vorteilhaft, mehr als einen Bahnspannungssensor zur Ermittlung verschiedener Ist-Werte als Eingangsgrößen einer einzelnen Regeleinrichtung zu erhalten. So kann z. B. im Fall einer Bahnspannungsregelung am Einzugswerk als Eingangsgröße für die Regeleinrichtung neben der Bahnspannung z. B. an dem Einzugswerk selbst auch die Bahnspannung an dem Auszugswerk und/oder die Bahnspannung bei der Trichtereinlaufwalze oder jedem anderen geeigneten Meßpunkt verwendet werden. Natürlich ist es auch denkbar, nur die Bahnspannung z. B. am Auszugswerk oder an der Trichtereinlaufwalze für die Bahnspannungsregelung des Einzugswerkes zu verwenden, wobei hier natürlich auch noch ein oder mehrere zusätzliche Bahnspannungssensorsignale verwendet werden können. So kann z. B. die Bahnspannungsregelung des Einzugswerkes die Bahnspannungen am Auszugswerk und an der Trichtereinlaufwalze als einzige Ist-Größen der Regelung verwenden, um die Papierbahnspannung zu regeln.

Entsprechende Ausgestaltungen gelten analog für die Regelung der Bahnspannung am Auszugswerk, welche ebenfalls die Papierbahnspannung in Abhängigkeit von der Bahnspannungs-Istgröße eines einzelnen Bahnspannungssensors regeln kann, welcher nicht notwendig am Auszugswerk selbst angeordnet sein muß. Es kann für die Regelung der Bahnspannung am Auszugswerk auch jede beliebige Kombination von zwei oder mehr Bahnspannungs-Istwert-Signalen einzelner Bahnspannungssensoren verwendet werden, um die Papierbahnspannung zu regeln.

Es ist vorteilhaft, wenn die von dem oder den einzelnen Bahnspannungssensoren aufgenommenen Bahnspannungs-Istwerte erst einem Übertragungsglied bzw. unterschiedlichen Übertragungsgliedern mit einer geeigneten Übertragungsfunktion zugeführt werden, bevor diese als Eingangsgrößen der Bahnspannungsregelung verwendet werden. Dabei können die einzelnen Übertragungsglieder z. B. zur Gewichtung der Anteile eines jeden Istwert-Signals für eine Gesamtbahnspannungs-Istgröße verwendet werden. Natürlich kann jedes einzelne von einem Bahnspannungssensor gemessene Ist-Signal auch erst einem Übertragungsglied mit einer geeigneten dynamischen Übertragungsfunktion zugeführt werden, wie z. B. einem PT_1 oder PT_2 -Glied, bevor dieser der Bahnspannungsregelung zugeführt wird bzw. mit anderen gegebenenfalls auch gewichteten oder dynamisch veränderten Bahnspannungs-Istgrößen verknüpft wird. Durch eine solche Berücksichtigung mehrerer gewichteter und dynamisch bewerteter Bahnspannungs-Istgrößen können Änderungen innerhalb des Druckturmes aufgrund z. B. der Feuchtigkeit des Papiers und Änderungen entlang der gewöhnlich langen Papierwege zwischen z. B. dem Auszugswerk und der Trichtereinlaufwalze für die Regelung der gesamten Papierbahnspannung berücksichtigt werden. Durch geeignete Parametrierung und Einstellung der einzelnen Gewichtungs- bzw. Übertragungsfunktionsglieder der jeweils einzelnen aufgenommenen Bahnspannungs-Istwert-Signale können vorgegebene Bahnspannungswerte entlang des gesamten Papierbahnweges innerhalb bestimmter Grenzen eingehalten werden, wobei vorgegebenen Grenzwerte nicht über- bzw. unterschritten werden. Obige Ausführun-

gen gelten sowohl für eine einzelne Bahnspannungsregelung am Einzugswerk als auch für eine einzelne Bahnspannungsregelung am Auszugswerk, wobei beide Bahnspannungsregelungen auch kombiniert verwendet werden können. Jede einzelne dieser Bahnspannungsregelungen kann z. B. einen Istwert F_{IST} , welcher durch einen beliebigen Bahnspannungsmesssensor erfaßt wird, nach Durchlaufen eines entsprechenden Übertragungsfunktionsblocks als Eingangsgröße verwenden, wobei natürlich auch eine gewichtete Summe mehrerer Signale für eine einzelne Bahnspannungsregelung verwendet werden kann.

Vorteilhaft können auch zur Regelung einer Bahnspannung kreuzgekoppelte Bahnspannungs-Istwerte von z. B. dem Einzugswerk, dem Auszugswerk und der Trichtereinlaufwalze, aber auch anderen Meßstellen der Papierbahn, verwendet werden. Dabei wird insbesondere der Bahnspannungsregelung am Einzugswerk ein Wert F_{EW} zugeführt, welcher vorzugsweise aus einer Kreuzkopplung der gemessenen Bahnspannungswerte F_{IST} am Einzugswerk, am Auszugswerk und an der Trichtereinlaufwalze bestimmt wird.

Entsprechendes gilt für die Bahnspannungsregelung am Auszugswerk. Für die Ausführungsform mit zwei Regeleinrichtungen ergibt sich für die den Bahnspannungsregelungen zugeführten Werte F_{EW} und F_{AW} somit im Fall von z. B. drei zu berücksichtigenden Bahnspannungs-Istwerten folgende Matrixschreibweise:

$$30 \quad \begin{pmatrix} F_{EW} \\ F_{AW} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \alpha_4 & \alpha_5 & \alpha_6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{IST, EW} \\ F_{IST, AW} \\ F_{IST, TW} \end{pmatrix}$$

Die Kopplungsmatrix für z. B. zwei Bahnspannungsregelungen, die jeweils drei Bahnspannungs-Istwerte berücksichtigen, besteht aus $2 \times 3 = 6$ Elementen, welche mit α_1 bis α_6 bezeichnet sind. Dabei muß ein Matrixelement α_i nicht unbedingt eine Konstante sein, sondern kann auch eine dynamische Übertragungsfunktion darstellen. Durch eine solche Bahnspannungsregeleinrichtung, bestehend aus z. B. zwei lokalen Bahnspannungsregeleinrichtungen für das Einzugswerk und Auszugswerk mit einem Kopplungsglied, welches sich aus mehreren Übertragungsfunktionen zusammensetzt, können bei bestimmten Betriebszuständen Vorteile erzielt werden. So ist es z. B. möglich, am Eingang und Ausgang des Druckturmes die Bahnspannung lokal zu regeln bei gleichzeitiger gegenseitiger Berücksichtigung der entsprechenden Bahnspannungs-Istwerte am Ein- und Ausgang des Druckturmes. Ziel einer solchen kreuzgekoppelten Bahnspannungsregelung ist es, die optimale Bahnspannung während des gesamten Druckprozesses über die gesamte Papierbahn zu gewährleisten und Schnittregisterabweichungen dazwischen zu minimieren, so daß die einzelnen Elemente α_i der Kopplungsmatrix geeignet festgelegt werden müssen. Natürlich kann eine solche Kreuzkopplung von mindestens zwei Eingangssignalen zweier unterschiedlicher Bahnspannungssensoren auch für nur eine einzelne Bahnspannungsregelung, aber auch für drei oder mehr Bahnspannungsregelungen, gegebenenfalls auch der Zylinder innerhalb des Druckturmes, verwendet werden. Die Anzahl der gemessenen Eingangsgrößen der Kreuzkopplung, d. h. der gemessenen Bahnspannungs-Istwerte, ist dabei nicht auf drei beschränkt. Es können auch nur zwei oder mehr als drei Eingangssignal-Istwerte verwendet werden, wobei dann die Meßsensoren jeweils geeignet angeordnet werden.

Bei dem erfundungsgemäßen Verfahren zum Regeln der

Spannung der Papierbahn einer Druckmaschine wird ein Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} und ein Bahnspannungs-Sollwert F_{SOLL} vorgegeben. Ein erster Bahnspannungs-Istwert F_{IST} wird gemessen. Aus der Differenz ΔF zwischen dem Bahnspannungs-Sollwert F_{SOLL} und dem gemessenen Bahnspannungs-Istwert F_{IST} wird durch einen Bahnspannungsregler ein Vor- oder Nacheilungs-Sollwert ΔN_{SOLL} ermittelt, je nachdem ob es sich um das Auszugs- oder Einzugswerk handelt. Dabei kann die gebildete Differenz ΔF z. B. einem PI-Regelalgorithmus dienen, einen Nach- oder Voreilungswert zu gewinnen. Der Vor- bzw. Nacheilungs-Sollwert ΔN_{SOLL} wird zu dem Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} addiert bzw. von diesem subtrahiert, und das erhaltene Ergebnis wird als Eingangsgröße einer Regelung der Drehzahl eines Antriebsmotors verwendet, welche als weitere Eingangsgröße auch einen gemessenen Drehzahl-Istwert N_{IST} berücksichtigen kann. Durch diese erfindungsgemäße Ausgestaltung der Papierbahnspannungsregelung können die gleichen Vorteile, wie oben bei der erfindungsgemäßen Regelung beschrieben, erhalten werden.

Vorzugsweise wird mindestens ein gemessener Bahnspannungs-Istwert F_{IST} z. B. am Einzugswerk, Auszugswerk oder der Trichtereinlaufwalze für die erfindungsgemäße Regelung verwendet, wobei natürlich auch jede Kombination dieser Bahnspannungs-Istwerte, gegebenenfalls unter vorheriger Beaufschlagung mit einer geeigneten Übertragungsfunktion, wie oben beschrieben, zur Bahnspannungsregelung verwendet werden können. Dabei können die einzelnen Bahnspannungs-Istwert auch, wie oben beschrieben, kreuzgekoppelt werden, bevor sie als Eingangsgröße für das Reglungsverfahren verwendet werden.

Ebenso wie oben erwähnt, ist es natürlich auch möglich, entweder lokal die Bahnspannung am Einzugswerk oder am Auszugswerk oder an beiden zu regeln, wobei für die einzelnen Regelungsverfahren die verschiedenen oben erwähnten Eingangsgrößen verwendet werden können.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Bahnspannungsregelung einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Bahnspannungsregelung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Bahnspannungsregelung einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4a bis **4c** Bahnspannungsregelungen gemäß dem Stand der Technik; und

Fig. 5 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Wirkungsweisen der Bahnspannungsregelungen gemäß den **Fig. 4a** bis **4c**.

Wie aus **Fig. 1** ersichtlich, werden von einer Maschinensteuerung über ein Echtzeit-Bus-System der Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} und der Bahnspannungs-Sollwert F_{SOLL} der Bahnspannungsregelung zugeführt. Der Bahnspannungs-Sollwert kann aber auch über analoge oder digitale Eingänge ohne Verwendung eines Bus-Systems zugeführt werden. Der von einem Bahnspannungsmeßsensor gemessene Bahnspannungs-Istwert F_{IST} wird vom Bahnspannungs-Sollwert F_{SOLL} subtrahiert, woraus die Bahnspannungsregelabweichung ΔF erhalten wird. Diese Bahnspannungsregelabweichung ΔF wird dem Bahnspannungsregler am Einzugswerk zugeführt, der diese in einen Nacheilungs-Sollwert ΔN_{SOLL} umrechnet. Dieser Nacheilungs-Sollwert ΔN_{SOLL} wird zusammen mit dem aus dem Echtzeit-Bus-System erhaltenen Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} und dem gemessenen Drehzahl-Istwert N_{IST} verknüpft und das Ergebnis wird dem Drehzahlregler zugeführt, welcher den Motor zum Antrieben einer Walze des Einzugswerkes, ansteuert.

Der Drehzahlleitsollwert N_{SOLL} für den unterlagerten Drehzahlregelkreis wird der Regeleinrichtung somit aus einem geeigneten Echtzeit-Bus, z. B. SERCOS, zugeführt, so daß ein ungestörtes Referenzsignal als Drehzahlleitsollwert zur Verfügung steht, so daß der Bahnspannungsregler und der Drehzahlregler optimal aufeinander abgestimmt werden können.

Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei als Eingangsparameter der Bahnspannungsregelung am Einzugswerk EW nicht nur das Meßsignal des Bahnspannungssensors am Einzugswerk EW, sondern auch Meßsignale von Bahnspannungssensoren an der Trichtereinlaufwalze TW und am Auszugswerk AW aufgenommen und jeweils mit Koeffizienten α_{TW} , α_{AW} bzw. α_{EW} beaufschlagt werden. Diese Koeffizienten α_i können Konstanten sein, jedoch können diese auch dynamische Übertragungsfunktionen darstellen. Aus den Ausgangssignalen dieser drei Signal-Gewichtungseinheiten oder dynamischen Übertragungsgliedern α_i wird ein gewichtetes Summensignal Σ_F gebildet, welches als Eingangswert für die Bahnspannungsregelung des Einzugswerks verwendet wird. So mit kann eine Bahnspannungsregelung allein am Einzugswerk erfolgen, wobei durch die in **Fig. 2** gezeigte Anordnung der Bahnspannungsmeßsensoren und bei geeigneter Wahl der Gewichtungsfaktoren bzw. Übertragungsfunktionen α_i auch die Bahnspannung am Auszugswerk oder bei der Trichtereinlaufwalze innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten werden kann, so daß trotz gewissen Störgrößen, bedingt durch variierende Elastizitätsmodule der Papierbahn, Feuchtigkeit, Geschwindigkeitsrampen oder ähnlichem die Bahnspannung in einem für die Farb- und Schnittregister optimalen Bereich gehalten werden kann und ein Abreißen der Papierbahn zuverlässig verhindert werden kann. Die weiteren Elemente der Regeleinrichtung wurden bei **Fig. 1** beschrieben und sind in **Fig. 2** nicht gezeigt.

Fig. 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wobei die Bahnspannungs-Istwerte der Sensoren am Einzugswerk und am Auszugswerk in einem Kopplungsglied miteinander verknüpft bzw. verrechnet werden, so daß den Bahnspannungsregelungen am Einzugswerk bzw. am Auszugswerk die jeweiligen Ausgangssignale des Kopplungsgliedes F_{EW} bzw. F_{AW} zugeführt werden. Das Kopplungsglied kann eine Gewichtung der gemessenen Bahnspannungs-Istwerte des Einzugswerks und des Auszugswerks vornehmen, wobei die einzelnen Signale auch mit dynamischen Übertragungsfunktionen beaufschlagt werden können, um so die jeweiligen Ausgangssignale zu erhalten, welche jeweils eine dynamische Funktion eines oder aller Eingangssignale des Kopplungsgliedes darstellen. Mit einer solchen Ausgestaltung der Erfindung kann z. B. am Eingang und am Ausgang des Druckturmes die Bahnspannung lokal geregelt werden, wobei jeweils gegenseitig auch die entsprechenden Bahnspannungs-Istwerte berücksichtigt werden, um eine über den gesamten Verlauf der Papierbahn Bahnspannungswerte innerhalb vorgegebener Grenzen zu erhalten, so daß die Farb- und Schnittregister aufgrund der innerhalb gewissen Schranken gehaltenen Bahndehnungen optimal gehalten werden können.

Wie aus Simulationen ermittelt wurde, ist bei der erfindungsgemäßen Regelung nach **Fig. 1** im Gegensatz zur Nacheilungsregelung nach dem Stand der Technik die Bahnspannung unabhängig von der Drehzahl, so daß diese innerhalb bestimmter vorgegebener Grenzen gehalten werden kann. Bei Durchlaufen einer Hochlauframpe wächst in der Beschleunigungsphase der erfindungsgemäßen Regelung nach **Fig. 1** die Kraft vor dem Turm an. Dieser Kraftunterschied dient zum Beschleunigen der Leitwalzen. Nach dem Turm hängt die Papierbahn zwischen zwei Klemmstellen,

dem letzten Druckzylinder und der Zugwalze. Diese Bahnkraft ist abhängig von der Voreilung der Zugwalze und vom Papiertransport, was zu einer Drehzahlabhängigkeit der Bahnkraft am Ausgang des Druckturms F_{NACII} führt. Dies kann jedoch mit einer Ausgestaltung der erfundungsgemäßen Regelungen nach den in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispielen verhindert werden.

Es konnte jedoch festgestellt werden, daß mit der erfundungsgemäßen Bahnspannungsregelung die Abweichung der einzelnen Bahnspannungen an unterschiedlichen Stellen des Papierweges innerhalb gewisser Grenzen gehalten werden kann und beim Durchlaufen einer Hochlauframpe keinen so großen Abweichungen unterworfen ist wie bei der Nacheilungsregelung gemäß dem Stand der Technik.

Bei einem simulierten Vergleich der erfundungsgemäßen Regelung mit einer Nacheilungsregelung nach dem Stand der Technik bei einem Druck-Ab- bzw. Druck-An-Vorgang konnte festgestellt werden, daß mit der erfundungsgemäßen Regelung die Schwankungen der Bahnspannung an unterschiedlichen Orten innerhalb relativ kleiner Schranken gehalten werden können, wohingegen bei Verwendung der Nacheilungsregelung aus dem Stand der Technik erhebliche Schwankungen der Bahnspannung an den einzelnen Stellen auftreten. Durch Kopplung entsprechend dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel und insbesondere durch die im Zusammenhang mit **Fig. 3** beschriebene Kreuzkopplung konnten sogar noch Verbesserungen erzielt werden.

Patentansprüche

1. Regeleinrichtung für die Spannung einer Papierbahn einer Druckmaschine mit:

- einer Einstellvorrichtung für einen Drehzahlleitsollwert (N_{SOLL}); und
- einem Drehzahlregler für einen Antriebsmotor, der mit der Einstellvorrichtung für den Drehzahlleitsollwert (N_{SOLL}) gekoppelt ist;

gekennzeichnet durch

- eine Einstellvorrichtung für einen Bahnspannungs-Sollwert (F_{SOLL});
- einen Sensor zum Messen der Bahnspannung (F_{IST});
- einem Bahnspannungsregler, welcher mit dem Sensor zum Messen der Bahnspannung (F_{IST}) und der Einstellvorrichtung für den Bahnspannungs-Sollwert (F_{SOLL}) gekoppelt ist;
- wobei der Drehzahlregler mit einem Ausgang (ΔN_{SOLL}) des Bahnspannungsreglers gekoppelt ist.

2. Regelungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Regelungseinrichtung am Einzugswerk und/oder am Auszugswerk eines Druckturmes vorgesehen ist.

3. Regelungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Einstellvorrichtung für den Bahnspannungs-Sollwert (F_{SOLL}) und/oder für den Drehzahlleitsollwert (N_{SOLL}) ein Bus-System, insbesondere ein Echtzeit-Bus-System ist.

4. Regelungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sensor zum Messen der Bahnspannung (F_{IST}) am Einzugswerk, am Auszugswerk oder an der Trichtereinlaufwalze vorgesehen ist.

5. Regelungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Übertragungsglied mit einer linearen oder einer dynamischen Übertragungsfunktion vorgesehen ist, mit welcher das Ausgangssignal des Sensors beaufschlagt wird.

6. Regelungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei Sensoren zum

Messen der Bahnspannung (F_{IST}) an unterschiedlichen Stellen der Papierbahn vorgesehen sind, wobei die Ausgangssignale der einzelnen Sensoren miteinander gekoppelt und mit Übertragungsfunktionen beaufschlagt werden, bevor sie einer lokalen Bahnspannungsregelung zugeführt werden.

7. Verfahren zum Regeln der Spannung einer Papierbahn einer Druckmaschine, wobei

- ein Drehzahlleitsollwert (N_{SOLL}) vorgegeben wird,
- ein Bahnspannungs-Sollwert (F_{SOLL}) vorgegeben wird,
- ein erster Bahnspannungs-Istwert (F_{IST}) gemessen wird,
- die Differenz (ΔF) aus dem Bahnspannungs-Sollwert (F_{SOLL}) und dem gemessenen Bahnspannungs-Istwert (F_{IST}) gebildet wird;
- die gebildete Differenz (ΔF) in einen Nach- oder Voreilungs-Sollwert (ΔN_{SOLL}) umgerechnet wird; und
- aus dem vorgegebenen Drehzahlleitsollwert (N_{SOLL}) und dem Nach- oder Voreilungssollwert (ΔN_{SOLL}) eine Größe (ΔN) gebildet wird, welche zur Drehzahlregelung des Antriebsmotors dient.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Bahnspannung (F_{IST}) am Einzugswerk und/oder Auszugswerk und/oder der Trichtereinlaufwalze gemessen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei der oder die gemessenen Bahnspannungswert(e) (F_{IST}) jeweils mit einer Übertragungsfunktion beaufschlagt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei mindestens zwei gemessene Bahnspannungswerte (F_{IST}) gekoppelt werden, um ein Bahnspannungs-Istwert-Signal für die Bahnspannungsregelung zu liefern.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei die Regelung der Bahnspannung an dem Einzugswerk und/oder dem Auszugswerk erfolgt.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

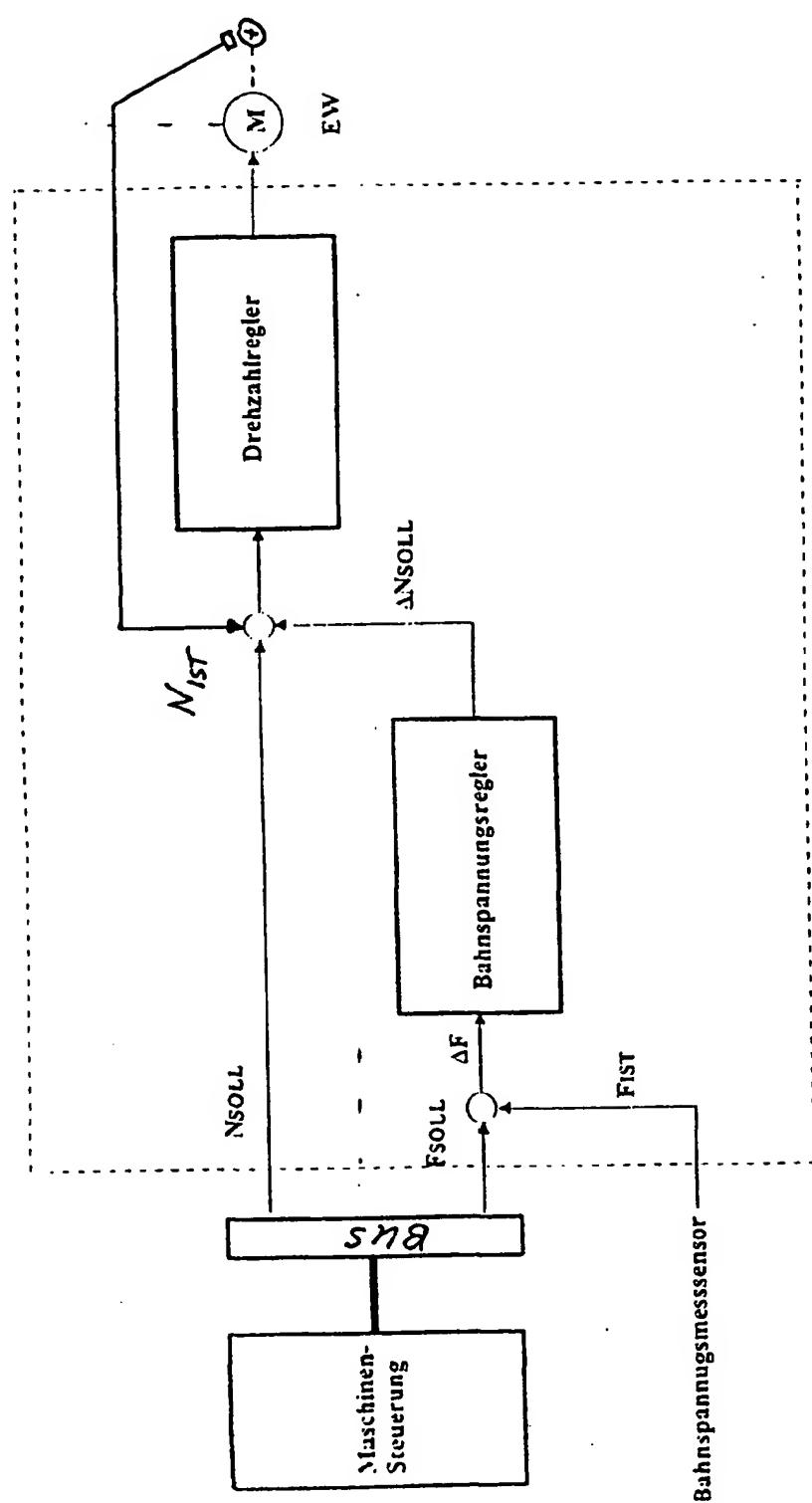


FIG. 1

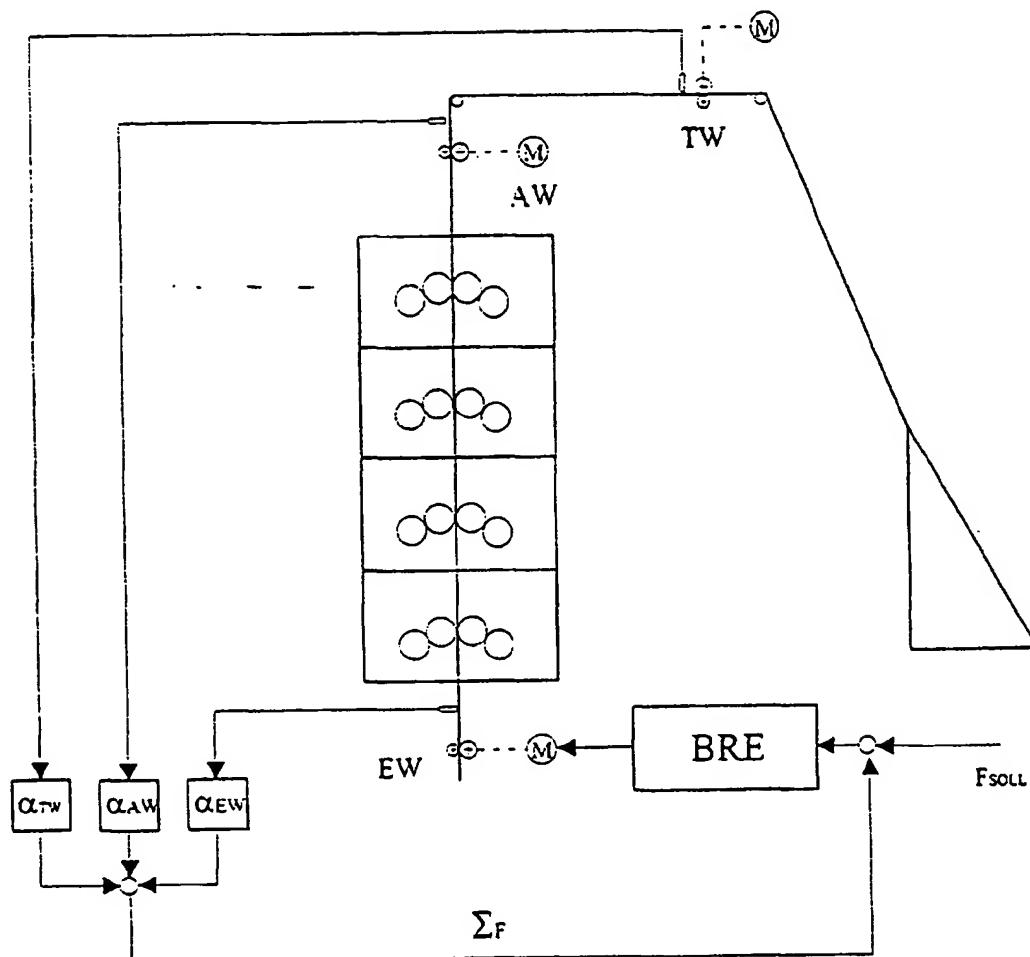


FIG. 2

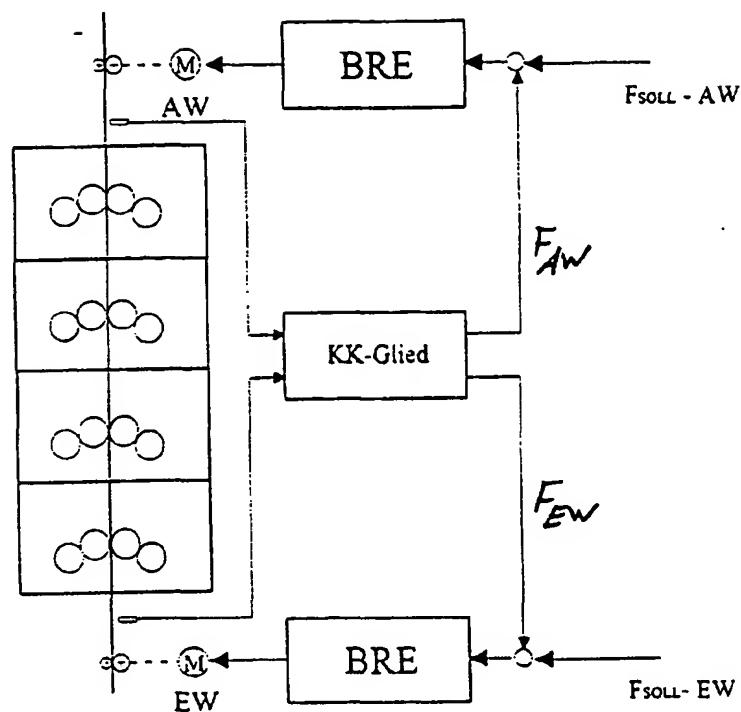


FIG.3

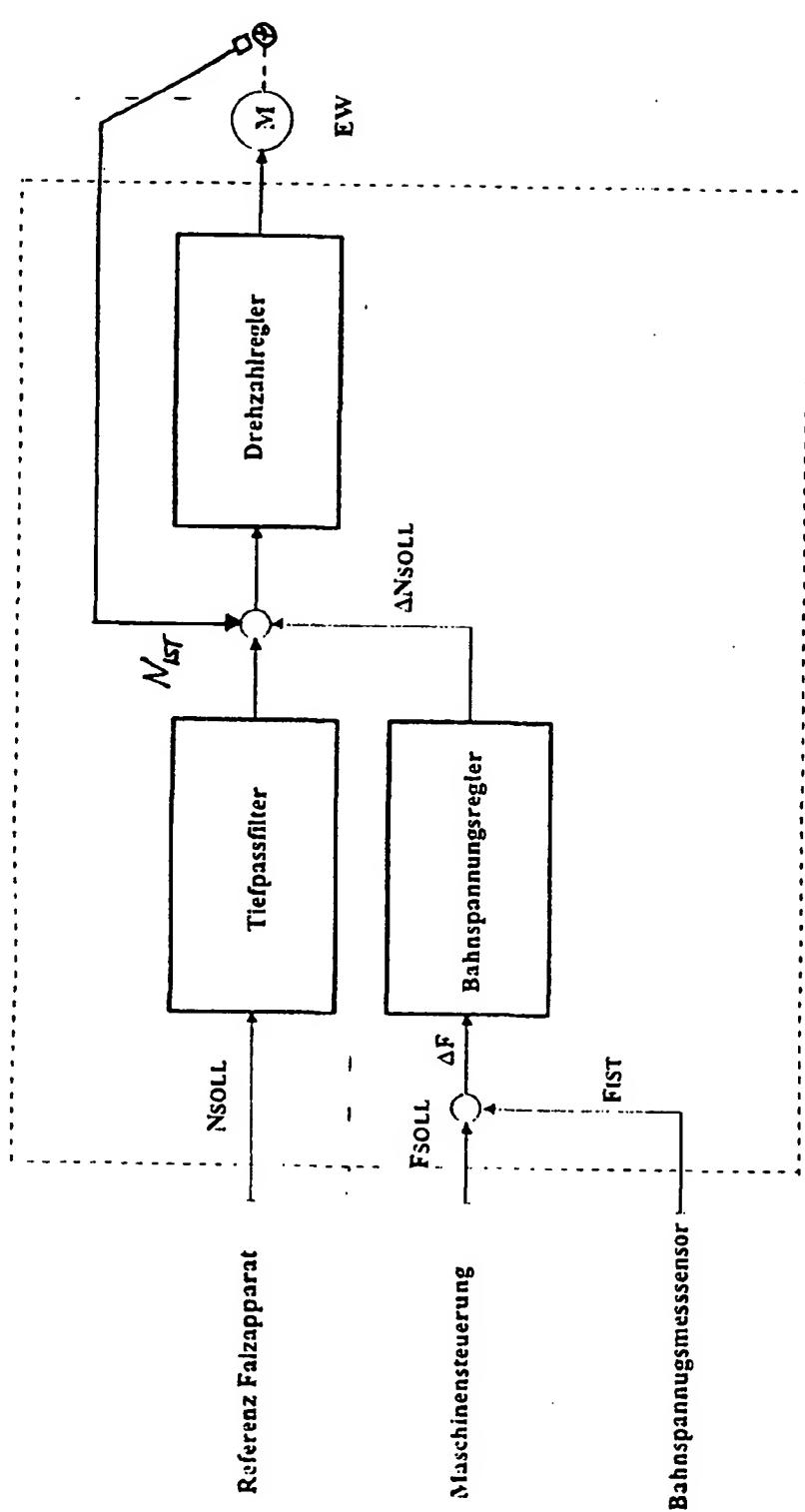


FIG. 4 α

Fig. 4b

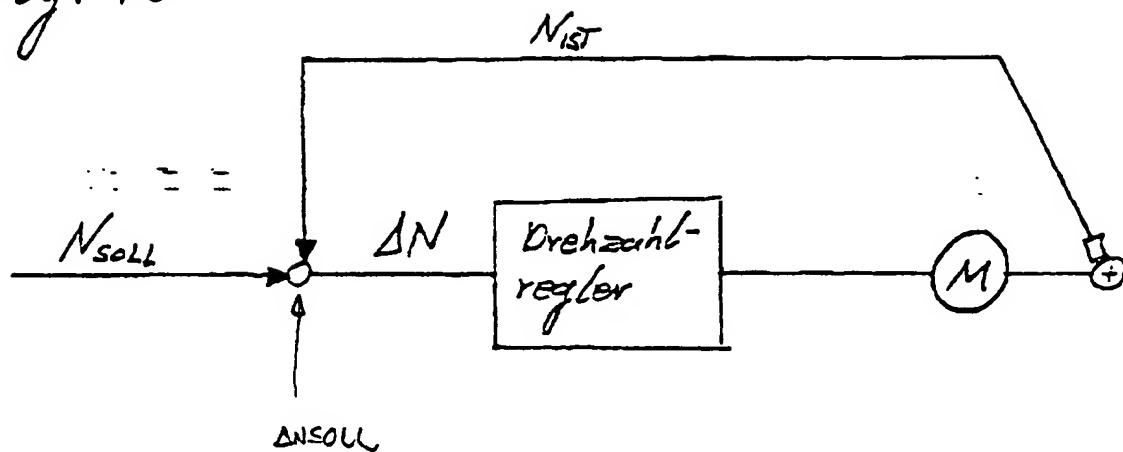


Fig. 4c

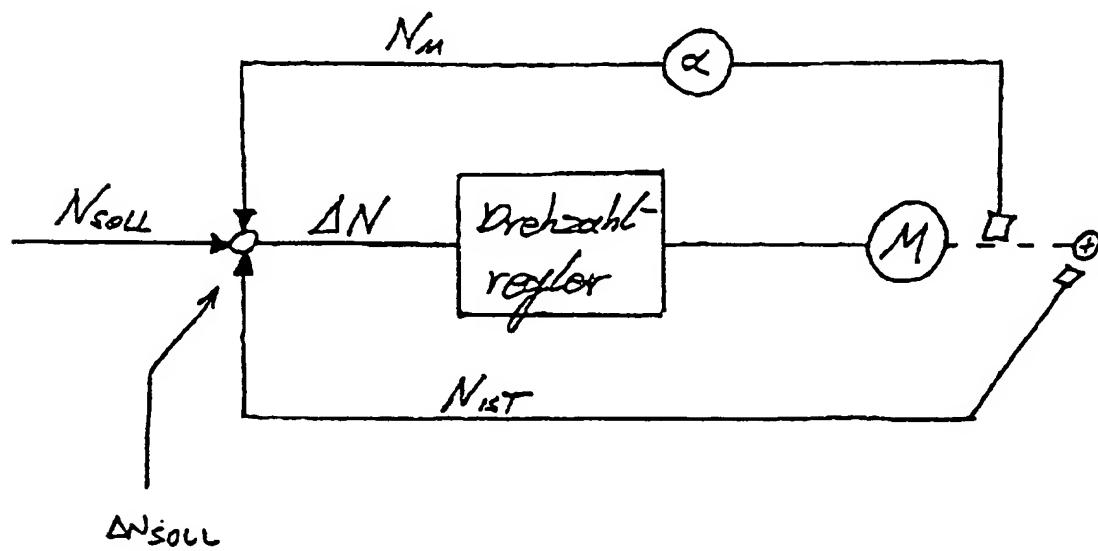


Fig. 5

